جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

صص ۲۰۵-۱۸۷

DOI: https://dx.doi.org/10.22067/geo.v9i2.86496

مقاله پژوهشی

مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی(AHP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)(مطالعه موردی: شهرستان گرگان)

سمیه عمادالدین[1]- استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

فاطمه فرزانه- دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

صالح آرخی- استادیار سنجش از دور و GIS، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

یاسین صیادسالار- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۷　　**تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۲**

چکیده

با توجه به افزایش و روند رو به رشد شهرنشینی در طی سال‌های گذشته در شهرهای کشورهای درحال‌توسعه و در پی آن افزایش ضایعات انسانی و سنتی بودن روش دفن زباله در این‌گونه شهرها، مکان‌یابی دفن پسماند به عنوان یک موضوع اصلی مطرح می‌شود. با توجه به مرکزیت شهرستان گرگان در استان گلستان و افزایش رو به رشد جمعیتی آن، مکان‌یابی دفن پسماند یک موضوع بسیار مهم در این شهرستان می‌باشد. هدف این پژوهش مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان گرگان است. پژوهش حاضر از نظر ماهیت در دسته تحقیقات توصیفی و تحلیل قرار می‌گیرد. داده‌ها و اطلاعات موجود از طریق مراجعه به کتابخانه، ادارات، سایت‌ها و از طریق پرسشنامه تهیه و استخراج گردیده است. برای مکان‌یابی دفن پسماند در شهرستان گرگان با استفاده از ۱۱ شاخص و ۲ مدل AHP و ANN بهره گرفته شده است. با توجه به مدل‌های، AHP و ANN می‌توان عنوان کرد نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند قسمت‌های شمالی شهرستان می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به نزدیکی چاه‌های آب زیرزمینی، نزدیکی به فرودگاه، نزدیکی به سه شهر گرگان، جلین و سرخن‌کلا، زمین‌شناسی نامناسب، نزدیکی راه‌های آسفالته و روستاها اشاره کرد. در زمینه دفن پسماند در گذشته، هر ۲ مدل مشخص گردیده است محدوده هزار پیچ به عنوان مکان بسیار نامناسب برای دفن پسماند بوده است.

کلیدواژه‌ها: دفن پسماند، شهرستان گرگان، هزار پیچ، ANN، AHP.

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۲۷۰۳۰۲۵　　Email: s.emadodin@gu.ac.ir

۱-مقدمه

با وقوع انقلاب صنعتی، تغییر و تحولاتی در زمینه شهر و شهرسازی صورت گرفته و اکثر جمعیت بـه سـمت شهرها گریزان شده‌اند (سیف‌الدینی[۱]، ۱۳۹۳) .شهرهای مختلف جهان، رشد جمعیت را در دوره‌های زمانی مختلف تجربه کرده‌اند (مجومدار[۲] و سیوراماکریشم[۳]، ۲۰۲۰) این رشد و توسعه شهرسـازی در اکثـر کشـورهای جهـان بـه فرآیندی غیرقابل‌کنترل تبدیل شده است (یاکوپ[٤] و همکاران، ۲۰۰۵)؛ به طوری که می‌توان عنوان کرد امروز بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند (سازمان ملل[٥]، ۲۰۱٤). این روند رو به رشد تحولات متعـددی را تجربه می‌کنند و دائماً با نیازهای جدید روبه‌رو می‌شوند (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است رشد جمعیت شهری در کشورهای درحال‌توسعه با سرعت بیشتری نسبت به کل کشورهای توسعه یافته روبه‌رو می‌باشد (کبیر[٦] و خان، ۲۰۲۰). در واقع رشد شهری، در این مناطق پدیدهای شناخته شده می‌باشد (داداشـپور[۷] و همکـاران، ۲۰۱۹). شهرنشینی تأثیر بسیار گسترده‌ای بر محیط‌زیست در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی داشـته اسـت (بـاردو[۸] و دمچلی[۹]، ۲۰۰۳). باید عنوان کرد زباله‌های جامد شهری همواره به عنوان یک نگرانی زیست‌محیطی مطرح بوده است (آدرجو[۱۰] و همکاران، ۲۰۲۰). از جمله مشکلات رشد شهرنشینی می‌توان به معضلات و مشکلات دفن پسماند اشاره کرد (چایوهان[۱۱] و سینگ[۱۲]، ۲۰۱٦) از دیدگاه مهندسی بهداشت، دفن پسماند یک مسئله عادی نمی‌باشد (اجتماعی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۲۸). زباله‌ها و پسماندهای جامد شهری یک جریان ترکیبی و درعین‌حال بحرانی برای شهرها بوده است. تولید زباله از ۰,٦٤ کیلوگرم به ازای هر نفر در روز به ۱,۲ کیلوگرم افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود از ۱,۳ میلیارد تن تولید زباله در سال به ۲,۲ میلیارد تن تا ۲۰۲۵ افزایش یابـد (سـلطانی[۱۳] و همکـاران، ۲۰۱۵). منشـأ زباله‌های تولید شده در کشورهای درحال‌توسعه بیشتر مرتبط با بیمارسـتان، صـنایع، مراکـز بـازار تولیـد مـی‌باشـد (حسین[١٤] و همکاران، ۲۰۲۰)؛ همچنین، بسیاری از شهرهای کشورهای درحال‌توسـعه آسـیایی در مـدیریت دفـن پسماند با مشکلات جدی روبه‌رو هستند (شارهولای[۱٥] و همکاران، ۲۰۰۷) میزان فزاینـده پسـماندهای ایجـاد شـده

1 Sefoldini
2 Majumdar
3. Sivaramakrishnan
4 Yaakup
5 United Nation
6 Kabir
7 Dadashpoor
8 Barredo
9 Demicheli
10 Aderoju
11 Chauhan
12 Singh
13 Soltani
14 Hussien
15 Sharholy

توسط شهرنشینی سریع در این کشورها معمولاً به درستی کنترل و مدیریت نمی‌شوند (مقدم[1] و همکاران، ۲۰۰۹). ازاین‌رو با این روند رو به رشد جمعیت در کشورهای درحال‌توسعه، مدیریت دفن پسماند یکی از حساس‌ترین و مهم‌ترین موضوعات حال حاضر می‌باشد (قیانی[2] و همکاران، ۲۰۱۴). عدم مدیریت دفن پسماند خطرات مستقیم و غیرمستقیمی را هم برای انسان‌ها و هم برای حیوانات و گیاهان در پی داشته است (اشکاریان[3] و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به مطالب ذکر شده، انتخاب یک سایت مناسب برای دفن پسماند، بخشی مهمی در فرآیند برنامه‌ریزی می‌باشد (پاسالاری[4] و همکاران، ۲۰۱۶). در واقع برنامه‌ریزی و راهبردهای مناسب در مدیریت پسماند جامد شهری می‌تواند هزینه اقتصادی و خطرات زیست‌محیطی را کاهش دهد (آصفی و همکاران، ۲۰۲۰). ازآنجایی‌که عنصرهای تشکیل دهنده مدیریت دفن پسماند با یکدیگر ارتباط دارند، مکان دفن پسماند جامد شهری از اهمیت گسترده‌ای برخوردار است (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰). در کشور ما روند رو به رشد جمعیت و توسعه فعالیت‌هایی همچون صنعتی، تجاری و خدماتی باعث تولید مقادیر زیادی مواد زائد در شهرها شده است؛ به‌گونه‌ای که روزانه بیشتر از ۶۰ هزار تن زباله تولید می‌شود که این مقدار نسبت به دیگر کشورهای جهان بیشتر می‌باشد (پیوسته گر و انصاری، ۱۳۹۶) و تنها ۸ درصد پسماندهای شهری مورد بازیافت قرار می‌گیرند و ۹۲ درصد دفن می‌شوند (زمانی و همکاران، ۱۳۹۲). دفن زباله در شهرهای ایران معمولاً با روش‌های سوزاندن، دفن در زمین و تلنبار صورت می‌گیرد (هادیلی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ همچنین محل‌های دفن زباله قدیمی با توجه به تولید انبوه پسماند همواره کارایی لازم برای دفن پسماند را نداشته و همواره با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو بوده‌اند (لخنده[5] و همکاران، ۲۰۲۰). استان گلستان بعد از سال ۱۳۷۶ از استان مازندران به مرکزیت گرگان به عنوان یک استان جدا، معرفی گردید. از طرفی بعد از به مرکزیت شناخته شدن شهر گرگان در استان گلستان، این شهر و شهرستان همواره با افزایش جمعیت روبه‌رو بوده است؛ به طوری که در حال حاضر به عنوان پرجمعیت‌ترین شهر و شهرستان استان گلستان معرفی می‌شود. از طرفی دیگر مکان در نظر گرفته شده برای دفن پسماند در شهرستان گرگان در گذشته، محدوده هزار پیچ بوده است؛ ازآنجایی‌که این محدوده در حال حاضر دفن زباله‌ای صورت نمی‌گیرد و به عنوان یک مکان تفریحی شناخته می‌شود ما در این پژوهش سعی بر آن داشته‌ایم علاوه بر مشخص شدن مکان مناسب برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، تعیین کنیم آیا محدوده هزار پیچ در گذشته، محدوده‌ی خوبی برای دفن پسماند بوده است؟!

1 Moghadam
2 Ghiani
3 Askarian
4 Pasalari
5 Lokhande

۲-۱- پیشینه پژوهش

در سطح ملی و فراملی همواره پژوهش‌های متعددی برای دفن پسماند جامد صورت گرفته است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش

محققین	سال	پژوهش مورد بررسی	نتیجه
الکراداغی[1] و همکاران	۲۰۱۹	مکان‌یابی دفع پسماند در سلیمانیه عراق با تکیه بر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش (WLC)	هفت محل برای دفن پسماند در نظر گرفته شده بود که با معیارهای علمی و زیست‌محیطی تطبیق دارد.
هررا[2] و همکاران	۲۰۱۹	بررسی دفن پسماند در مسقط کشور عمان با استفاده از GIS و روش تجزیه و تحلیل وزنی	تنها ۲ درصد از مناطق شامل مناطق العمارات، السب، القریات به عنوان بهترین مکان برای دفن پسماند شناخته شده‌اند.
آکانتوریوا[3] و اکرو [4]	۲۰۱۹	مطالعه دفن پسماند در جنوب شرقی کشور نیجریه با روش AHP	۲۱,۹ درصد منطقه مورد مطالعه وضعیت نامناسب، ۵۵ درصد شرایط نسبتاً مناسب و ۲۳,۱ درصد منطقه وضعیت مناسب برای دفن پسماند می‌باشند؛ همچنین بهترین منطقه در قسمت جنوبی می‌باشد.
سلیکر[5] و همکاران	۲۰۱۹	دفن پسماند در شهر الازیک ترکیه با روش MCDA و GIS	دفن پسماند مناسب در این شهر بین ۸۷ درصد تا ٤٦ درصد متغیر است و به طور کلی نشان داده شده است این محدوده برای دفن پسماند مناسب می‌باشد
کریمی[6] و همکاران	۲۰۱۹	بررسی دفع پسماند در جوان رود شهر کرمانشاه با روش MCDA و GIS	۹۲ درصد منطقه مورد مطالعه در شهر جوان رود برای مکان‌یابی دفع پسماند مناسب نمی‌باشند.
برکت[7] و همکاران	۲۰۱۷	مکان‌یابی دفع پسماند در شهر بنی ملال کشور مراکش با روش AHP و GIS	۵٤ درصد محدوده مورد مطالعه برای دفن زباله نامناسب، ۱۲ درصد نامناسب، ۲٤ درصد مناسب و ۱۰ درصد بسیار مناسب می‌باشند.
میرآبادی و عبدی قلعه	۱۳۹۶	مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از منطق بولین و مدل AHP	محدوده‌های حدفاصل بوکان، سیمینه در قسمت‌های جنوبی روستای کانی بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.
سرایی و همکاران	۱۳۹۴	مکان‌یابی دفع پسماند جامد شهری در شهر ایج استان فارس با مدل AHP	مکان فعلی دفن پسماند در شهر ایج با توجه به ابعاد ژئومورفولوژیک، شرایط اکولوژیک منطقه و استانداردهای روز دنیا در بهترین سایت ممکن در منطقه

1 Alkaradaghi
2 Hereher
3 Akintorinwa
4 Okoro
5 Çeliker
6 Karimi
7 Barakat

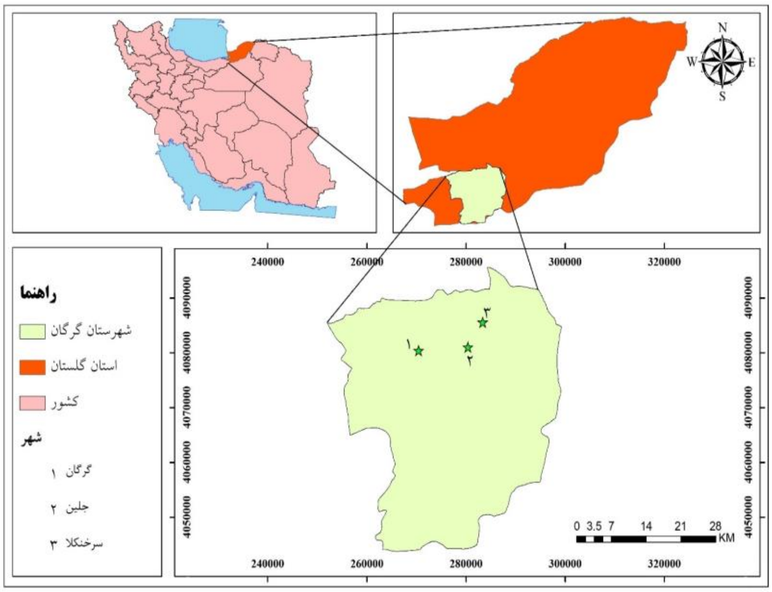
محققین	سال	پژوهش مورد بررسی	نتیجه
			استقرار یافته است.
حیدریان و همکاران	۱۳۹۳	بررسی دفن پسماند با استفاده از مدل‌های AHP_FUZZY و FUZZT TOPSIS در شهر پاکدشت استان تهران	سایت‌های انتخابی نسبت به مکان‌یابی دفن پسماند فعلی از وضعیت و مکان‌یابی بهتری برخوردار است.
زیاری و همکاران	۱۳۹۱	مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری با تکنیک AHP در شهرستان جلفا	شمال غرب شهرستان بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.
سالاری و همکاران	۱۳۹۰	مکان‌یابی دفن پسماند با مدل AHP_FUZYY در شهر شیراز	منطقه‌ای در فاصله و شعاع ۱۹ کیلومتری شهر شیراز با مساحت ۲۷۲ هکتار و در قسمت‌های شمالی بهترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته، مشخص می‌شود مکان‌یابی دفن زباله در تمام مناطقی که انسان در آن سکونت داشته دارای اهمیت بسیاری بوده است. زیرا که اگر مکان‌یابی به صورت صحیح صورت گیرد، خیلی از مشکلات ناشی از مکان‌یابی بد دفن پسماند کاسته می‌شود. اما باید عنوان کرد هر کدام از پژوهشگران فقط محدوده ای را به عنوان مکان مطلوب برای مکان‌یابی دفن زباله مطرح می‌کنند؛ در واقع هیچ‌کدام از تحقیقات فوق و صورت گرفته مکان‌های گذشته دفن پسماند را مورد تجزیه و تحلیل قرار نداده‌اند. لذا ما در این پژوهش علاوه بر تعیین مکان مناسب برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، سعی بر آن داشته‌ایم تا مکان قبلی دفن پسماند در این شهرستان را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دهیم.

۲- مواد و روش

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

شهرستان گرگان در طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۱۳ دقیقه تا ٥٤ درجه و ٤٥ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳٦ درجه و ٥۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱)؛ این شهرستان استقرار یافته در بخش‌های شمالی ارتفاعات البرز است که مساحتی بالغ بر ۱۰۸۸۳ هکتار را دارا می‌باشد (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۷) و از این حیث رتبه چهارم بین شهرستان‌های استان گلستان می‌باشد. این شهرستان دارای ۲ بخش، ۳ شهر، ٥ دهستان و ۹۷ روستا می‌باشد (مصدق و همکاران، ۱۳۹٦). همچنین شهرستان گرگان بالغ بر ٤۷۰۰۰۰ نفر جمعیت است (جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۷)؛ درجه حرارت و بارش متوسط سالیانه به ترتیب ۱۸/٥ درجه سانتیگراد و ۸۰۰ میلیمتر در سال است. ویژگی‌های توپوگرافی شهرستان گرگان نشان می‌دهد از شمال به سمت جنوب، ارتفاع و شیب، افزایش می‌یابد (مصدق و همکاران، ۱۳۹٦).



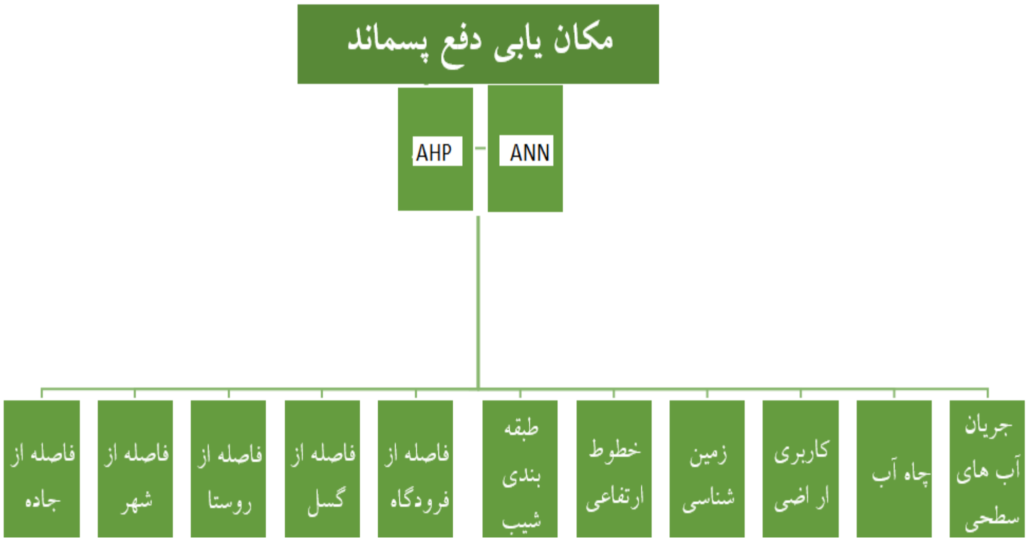
شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

۲-۲- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت در دسته تحقیقات توصیفی و تحلیلی قرار می‌گیرد. دسته‌ای از اطلاعات با مراجعه به کتابخانه، ادارات همچون (سازمان آب و منطقه‌ای) به دست آمده‌اند. برای دستیابی به دیگر اطلاعات همچون Dem[1] ۳۰ متر منطقه از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) بهره گرفته شده است و از طریق این مدل رقومی ارتفاعی، شیب، طبقات ارتفاعی و خطوط آبراهه استخراج گردیده‌اند؛ و برای به دست آوردن راه اصلی با رجوع به سایت (Open Street Map) و تعیین شهرهای موجود در شهرستان گرگان از نرم‌افزار Google Earth بهره گرفته شده است.

برای بررسی مکان‌یابی دفن پسماند ۱۱ شاخص از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اصول زیست‌محیطی استخراج گردیده است (شکل ۲). بعد از دسته‌بندی شاخصه‌ای در نظر گرفته، پرسشنامه‌ها با ارزش‌های ۱ الی ۹ در اختیار متخصصین برای اولویت‌بندی شاخص‌ها گذاشته شده است؛ برای وزن دهی شاخص‌ها در مدل (AHP)[2] از نرم‌افزار Expert choice استفاده شده است. در ادامه برای مکان‌یابی بهتر و کامل‌تر از شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[3] (پرسپترون چندلایه)[4] بهره گرفته شده است؛ ابتدا هر یک از شاخص‌ها فازی شده‌اند و بعد از فازی سازی، شبکه عصبی مصنوعی پیاده سازی گردیده است.

1 Digital Elevation Model
2 Analytic Hierarchy Process
3 Artificial Neural Networks
4 Multilayer Perceptron



شکل ۲- شاخص‌های در نظر گرفته شده برای مکان‌یابی دفن پسماند.

۳- نتایج و بحث

در بعد زمینشناسی در شهرستان گرگان قسمت‌های شمالی شهرستان دارای وضعیت بسیار نامناسب است؛ زیرا که این قسمت‌های محل استقرار آبرفت‌های بسترجوان، و مخروطه افکنه‌هاست، که این عوامل زمین‌های مستعد کشاورزی را فراهم می‌کند. بهترین مکان کمربند میانی است که دارای سنگ‌های اسلیت، مرمر، رس و کوارتزیت می‌باشد؛ لازم به ذکر است در زمینه نفوذ آب قسمت‌های شمالی شهرستان نسبت به قسمت‌های جنوبی دارای نفوذ پذیری بیشتر می‌باشد (شکل ۳)؛ وجود گسل‌ها به دلیل شکاف‌ها و لرزههایی که ایجاد می‌کنند باعث نفوذ شیرابه حاصل از زباله‌ها به درون آب‌های زیر زمینی شده و در واقع باعث آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی می‌شود. گسل البرز و گسل شاهکوه از منطقه جنوب شهرستان گرگان و از منطقه ناهار خوران و زیارت عبور می‌کند و آن نواحی جزء منطقه لرزه خیز شهرستان گرگان به شمار می‌رود که برای مکان‌یابی دفن پسماند نامناسب است (شکل ٤)؛

از نظر ارتفاعات، شهرستان گرگان در قسمت‌های جنوبی دارای ارتفاعات بیشتری برخوردار است و در قسمت‌های شمالی از ارتفاعات کاسته می‌شود؛ لذا با توجه به طبقات ارتفاعی نواحی که بالاتر از ۱۵۰۰ متر ارتفاع دارند نواحی کاملاً نامساعد و نواحی کمتر از ۱۰۰۰ متر به عنوان نواحی پست و کاملاً مساعد در نظر گرفته شده است (شکل ۵). از بعد هیدرولوژیکی شیب به عنوان یک فاکتور بسیار مهم شناخته می‌شود؛ هنگامی که شیب افزایش یابد زمان تمرکز کوتاه‌تر خواهد شد. لذا آب در شیب‌های تندتر سرعت بیشتری خواهد داشت. بنابراین زمین با شیب تند از دبی پیک بیشتری نسبت به زمین‌های کم شیب و تقریباً مسطح برخوردار هستند (آدینهوند و همکاران، ۱۳۹۵). اما در امر مکان یابی دفن زباله، شیب به عنوان یک پارامتر فیزیکی به حساب می‌آید، زیرا در شیب‌های تند دفن زباله چه

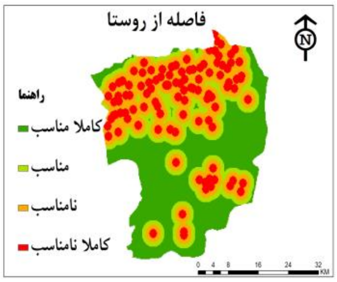
از نظر جاری شدن شیرابه زباله به هنگام بارندگی و چه از نظر اقتصادی (احداث راه‌ها و زیرساخت‌ها) با مشکل مواجه می‌شود (فرهودی و همکاران، ۱۳۸٤). به طور کلی می‌توان عنوان کرد در قسمت‌های جنوبی شهرستان گرگان با توجه به افزایش طبقات شیب دارای مکان نامناسبی برای دفن پسماند می‌باشد (شکل ٦)

شهرستان گرگان دارای رودخانه‌های متعددی می‌باشد که کل شهرستان را پوشش می‌دهد و می‌توان به دو تا از مهمترین‌های آن، یعنی رودخانه النگدره و زیارت که از سمت جنوب به شهرستان گرگان امتداد دارد اشاره کرد؛ این دو رودخانه بالغ بر ۳۰ درصد آب شهرستان گرگان را فراهم می‌کند (شکل ۷)؛ در بررسی عمق چاه آب باید اشاره کرد نواحی شمالی شهرستان دارای وضعیت نامناسبی نسبت به قسمت‌های جنوبی می‌باشد؛ زیرا که عمق چاه آب، نزدیک به سطح زمین می‌باشد (شکل ۸)؛ در زمینه کاربری اراضی با توجه به اطلاعات به دست آمده، نواحی مرکزی شهرستان گرگان، نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به محل قرارگیری اراضی جنگلی (طبیعی و دشت کاشت) و زراعت دیم و غیره نام برد؛ اما در این زمینه بهترین و مساعدترین مکان می‌توان نواحی جنوب شهرستان اشاره کرد که دارای زمین‌های بایر و فاقد پوشش گیاهی می‌باشد (شکل ۹)؛ مکان‌یابی دفن پسماند به دلیل مسائلی مانند آلودگی آب، آلودگی هوا، حشرات موذی، گرد وغبار، آتشسوزی، ترافیک و سر صدا و همچنین به صرفه بودن اقتصادی زمین‌های اطراف، باعث نارحتی و عدم رضایت ساکنین شهر و روستایی می‌گردد (طالب بیدختی و کشاورزی شیرازی مسلمان، ۱۳۹۱). لذا با توجه به این مطالب مکان دفن پسماند باید فاصله‌ای مناسب با مراکز جمعیتی داشته باشد. پراکندگی شهر و روستا در نقاط شمالی نسبت به نواحی جنوبی شهرستان بیشتر دیده می‌شود (شکل ۱۰ و ۱۱). محل و قرارگیری دفن پسماند باید حداقل فاصله ای از بزرگراه ها، راه‌های اصلی، راهآهن و غیر داشته باشد تا در معرض دید همگان نباشد و بوهای نامطبوع مورد آزار رفت و آمد کنندگان نباشد. همچنین در زمینه مکان‌یابی، فاصله از راه نباید خیلی زیاد باشد که هم عامل صرفه جویی ناشی از مقیاس رعایت گردد و هم هزینه حمل ونقل کاهش یابد (کشاورزی شیرازی مسلمان و طالب بیدختی، ۱۳۹۱). مکان دفن پسماندهای شهری طبق استانداردها بایستی از شبکه جاده‌های دسترسی حداقل ۷۵۰ متر و حداکثر یک کیلومتر فاصله داشته باشد (شکل ۱۲). با توجه به دستور سازمان ملل حداقل فاصله از فرودگاه برای دفن زباله باید ۳۰۰۰ متر باشد (فیروزی و امانپور، ۱۳۹۰) (۱۳) (جدول ۲):

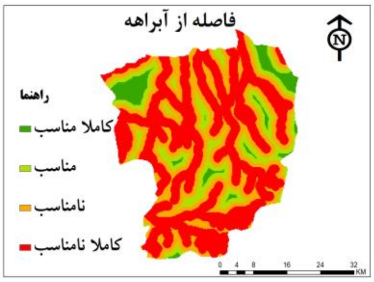
جدول ۲- فواصل و طبقات در نظر گرفته شده برای شاخص‌های مورد بررسی

زمین شناسی	کاربری اراضی	چاه‌های زیرزمینی	فاصله از روستا	فاصله از فرودگاه	فاصله از جاده	فاصله از شهر	فاصله از رودخانه	گسل	درصد شیب	ارتفاع	وضعیت
نفوذ پذیری بسیار کم	اراضی بایر	بالاتر از ۳۰	بالاتر از ۳۰۰۰ متر	بالاتر از ۸۰۰۰ متر	بالاتر از ۱۰۰۰ متر	بالاتر از ٦۰۰۰ متر	بالاتر از ٦۰۰۰ متر	بالاتر از ۳۰۰۰ متر	۰–۵	کمتر از ۱۰۰۰ متر	کاملاً مناسب
نفوذ پذیری کم	مراتع	۲۰–۳۰ متر	۲۰۰۰_ ۳۰۰۰ متر	۵۰۰۰_ ۸۰۰۰ متر	۷۵۰۰_ ۱۰۰۰ متر	٤۰۰۰_ ٦۰۰۰ متر	٤۰۰۰_ ٦۰۰۰ متر	۲۰۰۰_ ۳۰۰۰ متر	۵–۱۰	۱۰۰۰_ ۱۲۰۰ متر	مناسب
نفوذ پذیری زیاد	زمین کشاورزی	۱۰–۲۰ متر	۱۰۰۰_ ۲۰۰۰ متر	۳۰۰۰_ ۵۰۰۰ متر	۵۰۰_ ۷۵۰ متر	۲۰۰۰_ ٤۰۰۰ متر	۲۰۰۰_ ٤۰۰۰ متر	۱۰۰۰_ ۲۰۰۰ متر	۱۰–۱۵	۱۲۰۰_ ۱۵۰۰ متر	نا مناسب
نفوذ پذیری خیلی زیاد	شهر و اراضی جنگلی	۰–۱۰ متر	۰_ ۱۰۰۰ متر	۰_ ۳۰۰۰ متر	۰_ ۵۰۰ متر	۰_ ۲۰۰۰ متر	۰_ ۲۰۰۰ متر	۰–۱۰۰۰	بالاتر از ۱۵	بالاتر از ۱۵۰۰ متر	کاملاً نامناسب

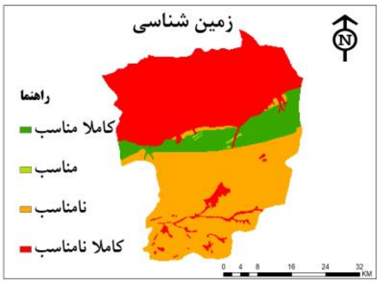
ماخذ- جعفری و همکاران، ۱۳۹۱. حجازی، ۱۳۹٤. فیروزی و امانپور، ۱۳۹۰.



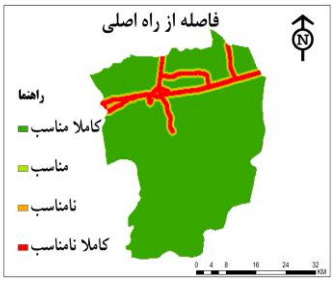
شکل ۱۱



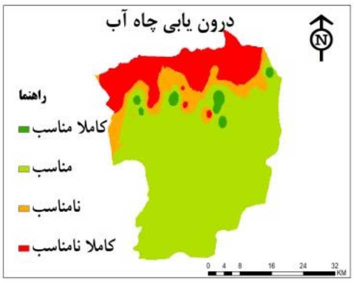
شکل ۷



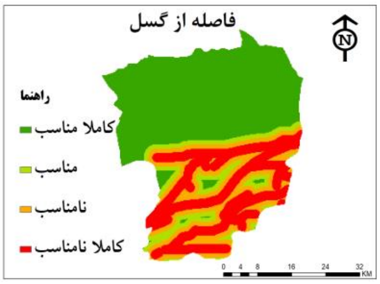
شکل ۳



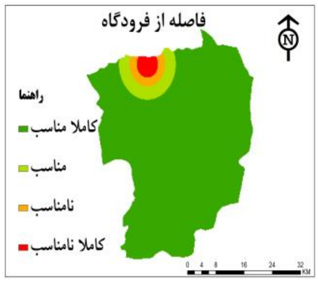
شکل ۱۲



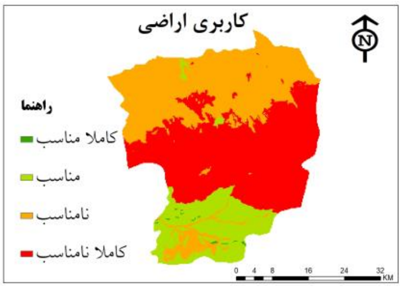
شکل ۸



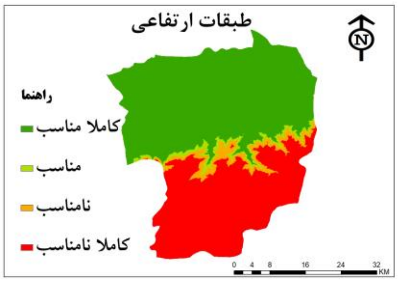
شکل ٤



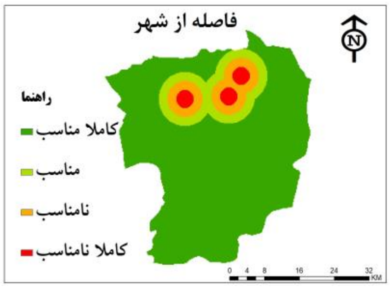
شکل ۱۳



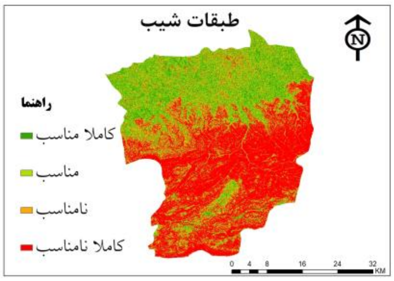
شکل ۹



شکل ۵



شکل ۱۰



شکل ٦

۳-۱- تکنیک سلسله مراتبی (AHP)[۱]

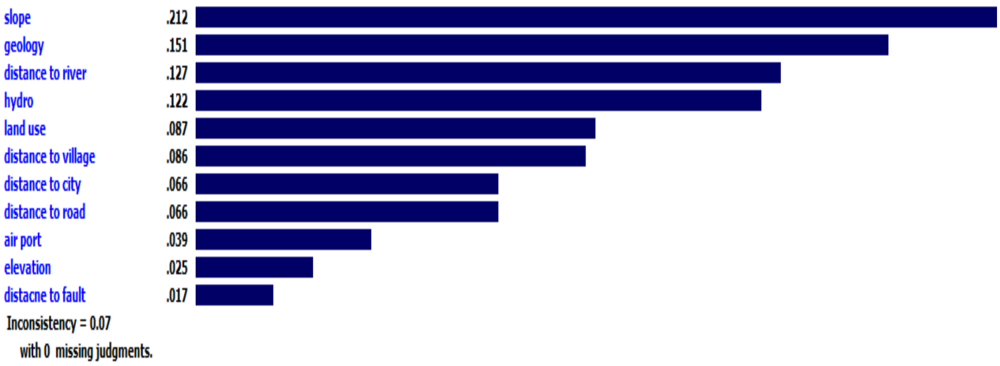
با توجه به نتایج به دست آمده از نظر کارشناسان در مدل AHP دو فاکتور شیب و زمین شناسی به ترتیب در بالاترین اولویت و فاصله از از گسل، ارتفاع و فاصله از فرودگاه در پایین‌ترین اولویت قرار گرفته‌اند (جدول ۲ و شکل ١٤).

جدول ۳- اولویت‌بندی شاخصهای مورد نظر در مدل AHP توسط کارشناسان.

	فاصله از شهر	فاصله از راههای اصلی	شیب	فاصله از رودخانه	ارتفاع	کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از گسل	زمین شناسی	زیرزمینی	فرودگاه
فاصله از شهر	۱	۱	۳/۱	۲/۱	۴	۳/۱	۱	۵	۳/۱	۲/۱	۳
فاصله از راههای اصل		۱	۳/۱	۲/۱	۴	۳/۱	۱	۵	۳/۱	۲/۱	۳
شیب			۱	۲	۶	۴	۳	۶	۲	۳	۴
فاصله از رودخانه				۱	۴	۳	۲	۶	۱	۱	۳
ارتفاع					۱	۵/۱	۴/۱	۴	۵/۱	۵/۱	۴/۱

1 MCDM

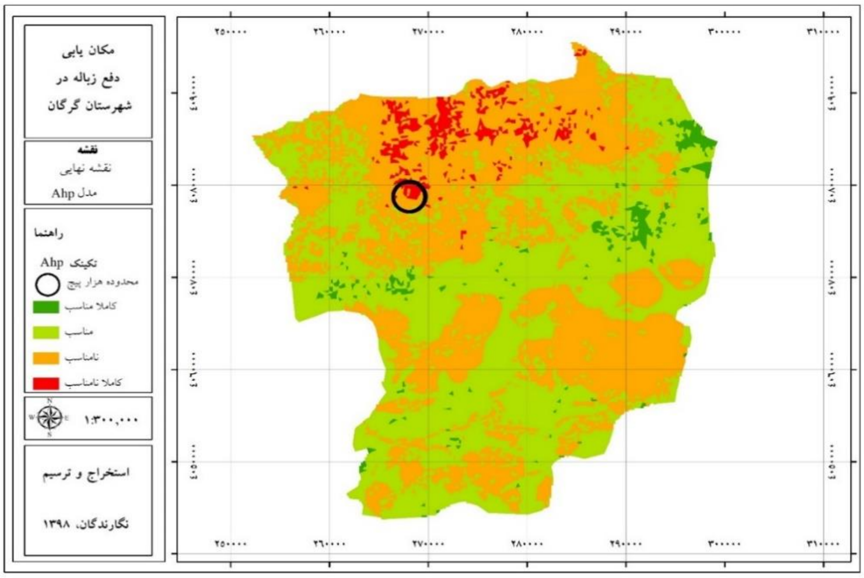
	فاصله از شهر	فاصله از راههای اصلی	شیب	فاصله از رودخانه	ارتفاع	کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از گسل	زمین شناسی	زیرزمینی	فرودگاه
کاربری اراضی						۱	۳/۱	۵	۳/۱	۲/۱	۳
فاصله از روستا							۱	۵	۳/۱	۲/۱	۳
فاصله از گسل								۱	۴/۱	۶/۱	۴/۱
زمین شناسی									۱	۱	۵
آب زیرزمینی										۱	۴
فرودگاه											۱



شکل ١٤- وزندهی حاصل از مدل AHP

در نتایج به دست آمده از تکنیک AHP اگرچه نواحی شمالی شهرستان دارای شیب و ارتفاع مناسب می‌باشد اما برخی از دلایل باعث شده است که این نواحی شمالی به خصوص در مرکز آن به عنوان نـواحی نامناسـب در نظـر گرفته نشود که دلایلی در آن تأثیر گذار بوده است که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. زمین شناسی دومین شاخص تاثیرگذار بر مدل AHP است؛ به این صورت که نواحی شمالی شهرستان به دلیل وجود آبرفت‌های بسـتر جـوان، مخروطه افکنه‌ها نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند می‌باشد. فاصله از آبراهه شاخص بعدی است که تاثیرگذاری آن در تمامی شهرستان به صورت منفی دیده می‌شود؛ همچنین وضعیت چاه آب نشان می‌دهد قسمت‌های شـمالی شهرستان به دلیل نزدیکی به سطح زمین در وضعیت نامساعدی قرار دارد؛ برای تحلیل آن باید بیان کرد اگر چه شیب یک شاخص بسیار مهم در مکان‌یابی دفن پسماند است امـا فاکتورهـای دیگـر همچـون زمـین شناسـی نامسـاعد، پراکندگی رودخانه‌ها، وجود چاه‌های آب نزدیک به سطح زمین، پراکندگی نقاط روستایی، استقرار شهرها در شمال شهرستان گرگان باعث شده نواحی شمالی، بسیار نامطلوب و نامطلوب برای دفن پسماند باشد. اما در قسـمت‌های

شمال شرقی، قسمتی از نواحی جنوبی و کمربند میانی شهرستان نواحی مساعدتری برای مکان‌یـابی دفـن پسـماند می‌باشد؛ زیرا از چاه‌های آب، گسل، روستا، شهر، فرودگاه و رودخانه فاصله داشته و ارتفاعات مساعدی در بعضی از این نواحی دیده می‌شود؛ در زمینه مکان قبلی دفن پسماند در شهرستان گرگان در محدوده هزار پیچ و با توجـه بـه مدل AHP دیده می‌شود که مکان مناسبی برای دفن پسماند نبوده است (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نقشه نهایی حاصل از تکنیک.AHP

۳-۲- شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

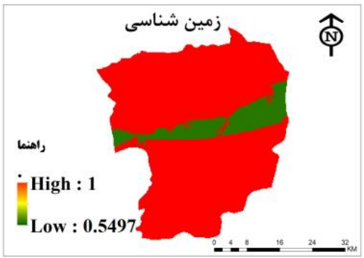
برای محاسبه و به دست آوردن شبکه عصبی ابتدا لایه‌های اولیه (فواصل و دسته‌بندی لایه‌های در نظر گرفته شده) فازی شده‌اند (جدول ٤). از دلایل اصلی این که لایه‌ها فازی سازی شده‌اند پیکسل سایزها و برابری سطر و ستون در لایه‌های مورد نظر می‌باشد؛ شبکه عصبی مصنوعی قابلیت آموزش را داشته است تا با توجه آموزش دیده شده بتواند مدل را بهتر پیاده سازی کند؛ لذا در این راستا خروجی نهایی مدل AHP برای روند مدل شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شده است تا بتواند با استفاده ازاین‌روند مدل را پیش‌بینی کند.

جدول ٤- فازی سازی شاخص‌ها

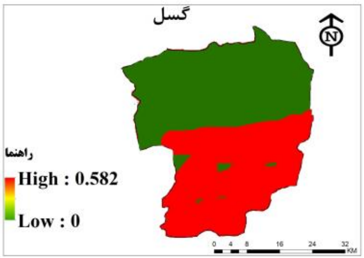
فازی سازی		
شکل کاهشی S	زمین شناسی	شکل۱۶
شکل افزایشی S	گسل	شکل۱۷
شکل کاهشی S	ارتفاع	شکل۱۸
شکل کاهشی S	شیب	شکل۱۹

فازی سازی		
خطی افزایشی	فاصله از خطوط آبراهه	شکل ۲۰
خطی افزایشی	آب‌های زیر زمینی	شکل ۲۱
شکل کاهشی S	کاربری اراضی	شکل ۲۲
خطی افزایشی	فاصله از شهر	شکل ۲۳
شکل افزایشی S	فاصله از روستا	شکل ۲۴
خطی کاهشی	فاصله از راه‌های اصلی	شکل ۲۵
شکل افزایشی S	فاصله از فرودگاه	شکل ۲۶

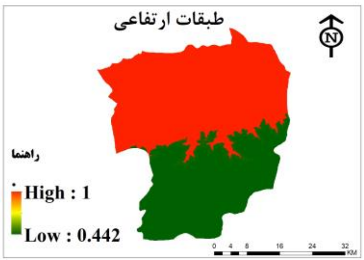
ماخذ: تقیزادهدیوا و همکاران، ۱۳۹۲؛ نیکزاد و همکاران، ۱۳۹۳.



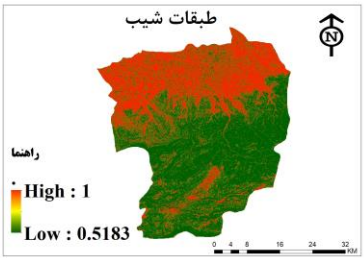
شکل ۱۶



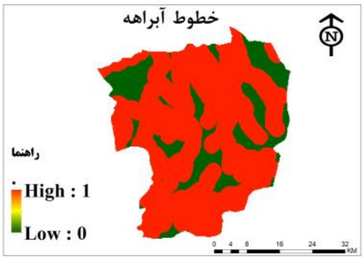
شکل ۱۷



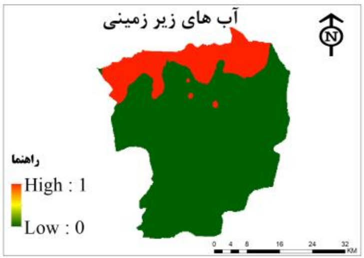
شکل ۱۸



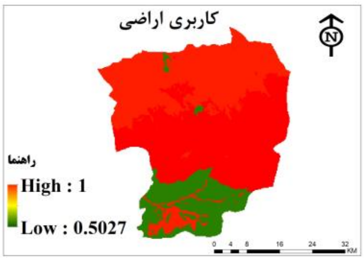
شکل ۱۹



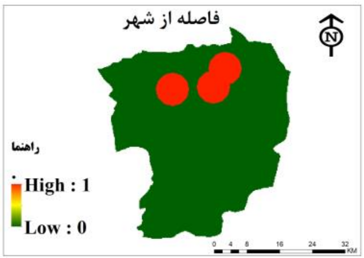
شکل ۲۰



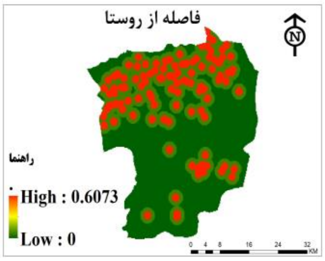
شکل ۲۱



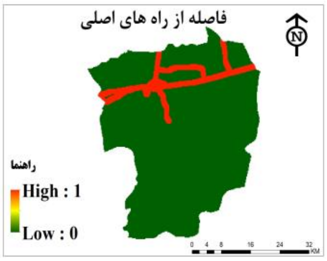
شکل ۲۲



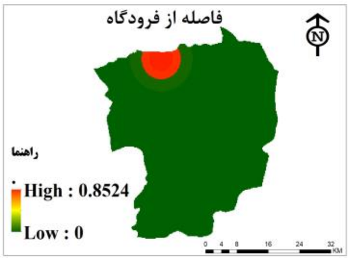
شکل ۲۳



شکل ٢٤



شکل ۲۵

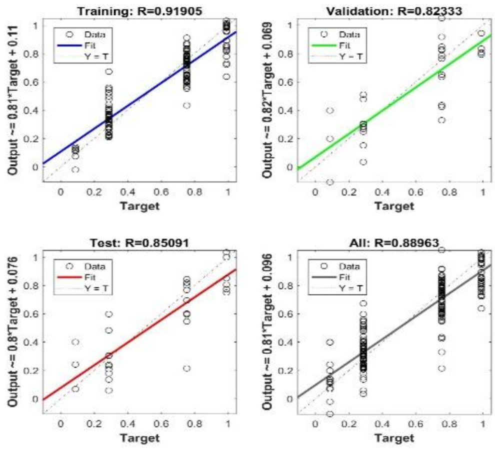


شکل ٢٦

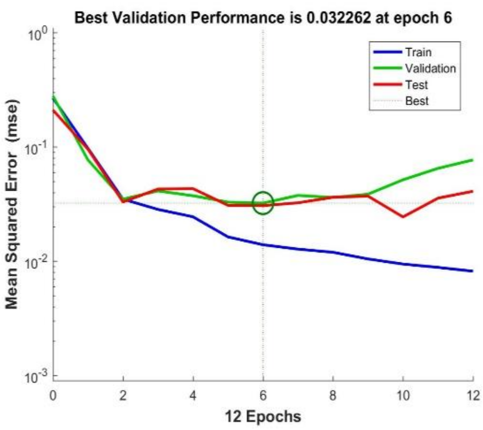
همان طور که در جدول مشخص شده است ۱٤۰ نقطه و اتصال برای آموزش مدل در نظر گرفته شده است، که از این ۱٤۰ مورد، ۳۰ مورد برای اعتبار سنجی (validation) و ۳۰ مورد آن برای تست کردن می‌باشد (شکل ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و جدول ۵).



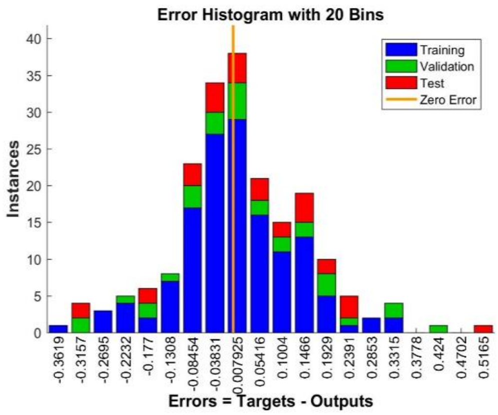
شکل ۲۷- ماتریس شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۲۹- نمودار رگرسیون شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۲۸- جدول کارایی شبکه عصبی



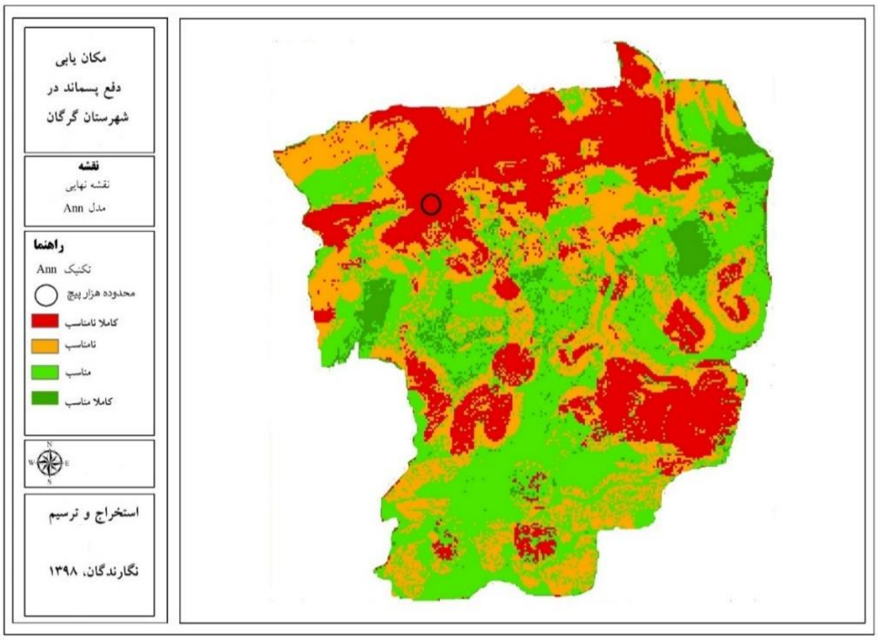
شکل ۳۰-نمودار خطای هیستوگرامی شبکه عصبی مصنوعی

جدول ۵- اعتبارسنجی و آزمایش شبکه عصبی مصنوعی

Training	140
Validation	30
Testing	30

اجرا مدل‌های آموزش ماشین براساس رخدادهای موجود می‌باشد. در مـواردی همچـون موضـوع حاضـر کـه رخنمونی از پدیده مورد نظر وجود ندارد و یا تعداد رخدادها اندک است، آموزش مدل نیـاز بـه تعـداد بیشـتری از رخداد می‌باشد. استفاده از مدل‌های ماشین بر اساس مدل‌های تصمیم گیری Expert، مبنا می‌باشد. در ایـن راسـتا برای آموزش مدل شبکه عصبی مصنوعی از مدل AHP بهره گرفته شده است.

با توجه به نقشه نهایی شبکه عصبی (شکل ۳۱)، نواحی شمالی شهرستان گرگان مکان نامناسبی برای دفن پسماند می‌باشد؛ زیرا که از طرفی این نواحی هم به شهر، روستا، چاه آب، فردوگاه، شبکه آبهای سطحی نزدیک می‌باشد؛ و هم از طرف دیگر دارای ویژگی زمینشناسی نامناسب که محل استقرار آبرفتهای بستر جـوان و مخروطـه افکنـه‌هـا می‌باشد. در مدل شبکه عصبی نیز باید عنوان کرد محدوده هزار پیچ مکان مناسبی برای دفن پسماند نمی‌باشد.



شکل ۳۱- تقشه نهایی حاصل از تکنیک.ANN

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق ما سعی برآن داشته‌ایم تا علاوه بر بهترین مکان برای دفن پسماند در شهرستان گرگان، دفن پسماند گذشته این شهرستان را مورد بررسی قرار داده‌ایم. لذا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با تکیه بر تکنیکهای ANN،AHP و با استفاده از ۱۱ شاخص این مکان‌یابی صورت پذیرفته است. نتایج ارائه شده از ۲ مدل AHP و ANN نشان داده شده است که نامناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند قسمت‌های شمالی شهرستان به دلایلی همچون نزدیکی به چاه‌های آب زیرزمینی، نزدیکی به فرودگاه، نزدیکی به شهرهای شهرستان، زمینشناسی نامناسب، نزدیکی راه‌های آسفالته و نزدیکی به روستا می‌باشد؛ و باید گفت، مکان‌های مناسب برای دفن پسماند در مدل ۲ مدل، قسمت‌های شمالی غربی، شمال شرقی، خط میانی شهرستان و بعضی از نواحی جنوبی شهرستان در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است با توجه به مدل‌های صورت گرفته مشخص شده است محدوده هزار پیچ در گذشته، به عنوان مکان بسیار نامناسب برای دفن پسماند بوده است. در حال حاضر دفن اصولی پسماندهای شهرستان گرگان در سایت غربی استان (آق قلا) انجام می‌گیرد، این کارخانه در فاصله ٤۰ کیلومتری شهر گرگان مرکز استان گلستان و بین شهرهای آق قلا و گمیش تپه با مساحت ۸۰ هکتار واقع گردیده است که پس از حمل و انتقال از مراکز تولید به کارخانه بازیافت، پردازش و تبدیل به کود آلی کمپوست می‌گردد.

کتابنامه

اجتماعی، بابک؛ شکور، علی؛ پربار، زهرا؛ ۱۳۹۷. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر قیر)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای سال هشتم، شماره پیاپی ۳۰، صص: ۱۳۸- ۱۲۷.

آدینه وند، احمد؛ کریمی، حاجی؛ آزادخانی، پاکزاد؛ ۱۳۹۵. تحلیل مکان دفن پسماند شهر خرم آباد، پایاننامه کارشناسی ارشد. موسسه آموزش عالی باختر ایلام.

پیوسته گر، یعقوب؛ انصاری، محمدحسین؛ ۱۳۹٦. بررسی و ارزیابی عوامل اجتماعی مؤثر بر کاهش سرانه تولید پسماند خانگی، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ٤، صص: ۲۳٦- ۲۲۱.

جهانی شکیب، فاطمه؛ اردکانی، طاهره؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ۱۳۹۷. مقایسه و اعتبار سنجی دو رویکرد بهینه‌سازی کاربری‌ها در آمایش سرزمین شهرستان گرگان، مجله جغرافیا و آمایش فضا، سال هشتم، شماره ۲۹، صص: ۵۹- ٤۷.

حجازی ، سیداسدالله؛ ۱۳۹٤. مکان‌یابی دفن پسماند زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسه مراتبی: مطالعه موردی: شهرستان مراغه، نشریه علمی و پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال نوزدهم، شماره ٥٤، صص: ۱۲۵- ۱۰۵.

حیدریان، پیمان؛ رنگزن، کاظم؛ ملکی، سعید؛ تقی زاده، ایوب؛ عزیزی قلاتی، سارا؛ ۱۳۹۳. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های Fuzzy-AHPو Fuzzy-TOPSIS در محیط GIS: مطالعه موردی شهر پاکدشت استان تهران، فصلنامه بهداشت و توسعه، دوره سوم، شماره ۱، صص: ۱۳- ۱.

زمانی، اصغر؛ احدنژادروشتی، محسن؛ هدایت نژادکاشی، سید مصطفی؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و مکان‌یابی مکان‌های مناسب دفن زباله در اراضی و مناطق شمالی ایران با استفاده از مدل AHP (محدوده مورد مطالعه: حوزه استحفاظی شهر قائمشهر)، پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.

زیاری، کرامت الله؛ موسی خانی، کامران؛ اباذرلو، شهرام؛ اباذرلو، سجاد؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی دفن پسماند با استفاده از مدل AHP (محدوده مورد مطالعه: شهرستان جلفا)، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره اول، شماره ۳، صص: ۲۸– ۱٤.

سالاری، مرجان؛ معاضد، هادی؛ رادمنش، فریدون؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از AHP_fuzzy در محیط GIS (محدوده مورد مطالعه: شهر شیراز)، فصلنامه علمی – پژوهشی طلوع بهداشت، سال یازدهم، شماره ۱، صص: ۱۰۹– ۹٦.

سرایی ، محمدحسین؛ رضایی، محمدرضا؛ جعفری، حمید؛ ۱۳۹٤. مکان‌یابی دفن پسماند جامد شهری در نواحی شهری (محدوده مورد مطالعه: شهر ایج)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.

فیروزی، محمدعلی؛ امانپور، سعید؛ ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)(نمونه موردی: شهر لامرد)، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره یک ، جلد اول، صص: ۱۱۲– ۱۰٤.

کشاورزی شیرازی مسلمان، جبیب الله؛ طالب بیدختی، ناصر؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی (مطالعه موردی: شهرهای استان فارس)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

مصدق، راضیه؛ احمدیان، محمدعلی؛ جعفری، حمید؛ جهانی، مهدی؛ ۱۳۹٦. بررسی عوامل مؤثر بر تحولات کشت استراتژیک در شهرستان گرگان، مجله آمایش و فضا، سال هفتم، شماره ۲٦، صص: ۸۲– ٦۹.

میرآبادی، مصطفی؛ عبدی قلعه، علی حسین؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان بوکان با استفاده از منطق بولین و مدل سلسله مراتبی (AHP)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره یک، صص: ۱٦۸– ۱٤۹.

نیکزاد، وحید؛ معرب، یاسر؛ امیری، محمدجواد؛ فروغی، نگار؛ ۱۳۹۳؛ مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) (ناحیه مورد مطالعه : شهرستان مینودشت)، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوزه شانزدهم، صص: ٤۳۵– ٤۲۱.

هادیلی، بهمن؛ پورمحمدی، محمدرضا؛ کرد، قهرمان؛ ۱۳۹۰؛ مدیریت و مکان‌یابی پسماندهای جامد در نواحی شهری با استفاده از GIS (محدوده مورد مطالعه: شهر نوشهر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

Adinevand, O. M., Dias, G. A., & Gonçalves, A. J., 2020. A GIS-based analysis for sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria. Environment, Development and Sustainability, 22(1), 551-574.

Alkaradaghi, K., Ali, S. S., Al-Ansari, N., Laue, J., & Chabuk, A., 2019. Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the sulaimaniyah governorate, Iraq. Sustainability, 11(17), 4530.

Asefi, H., Zhang, Y., Lim, S., & Maghrebi, M. 2020. An integrated approach to suitability assessment of municipal solid waste landfills in New South Wales, Australia. Australasian Journal of Environmental Management, 27(1), 63-83.

Askarian, M., Vakili, M., & Kabir, G., 2004. Hospital waste management status in university hospitals of the Fars province, Iran. International Journal of Environmental Health Research, 14(4), 295-305.

Barakat, A., Hilali, A., El Baghdadi, M., & Touhami, F., 2017. Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco. Environmental Earth Sciences, 76(12), 413.

Barredo, J. I., & Demicheli, L., 2003. Urban sustainability in developing countries' megacities: modelling and predicting future urban growth in Lagos. Cities, 20(5), 297-310.

Çeliker, M., Yıldız, O., & Koçer, N. N. 2019. Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri DerGISi, 25(6), 683-691.

Chauhan, A., & Singh, A., 2016. A hybrid multi-criteria decision making method approach for selecting a sustainable location of healthcare waste disposal facility. Journal of Cleaner Production, 139, 1001-1010

Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M., 2019. Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth: Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. Sustainable Cities and Society, 47, 101502.

Ghiani, G., Manni, A., Manni, E., & Toraldo, M., 2014. The impact of an efficient collection sites location on the zoning phase in municipal solid waste management. Waste management, 34(11), 1949-1956.

Hussien, K., & Meaza, H., 2020. A GIS-Based Multi-Criteria Evaluation Approach Location Suitability Modeling for Solid Waste Disposal: Dire Dawa City, East Hararghe, Ethiopia. Papers in Applied Geography, 1-22.

Kabir, Z., & Khan, I., 2020. Environmental impact assessment of waste to energy projects in developing countries: General guidelines in the context of Bangladesh. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 37, 100619.

Karimi, H., Amiri, S., Huang, J., & Karimi, A., 2019. Integrating GIS and multi-criteria decision analysis for landfill site selection, case study: Javanrood County in Iran. International Journal of Environmental Science and Technology, 16(11), 7305-7318.

Lokhande, T., Kote, A., & Mali, S. 2020. Integration of GIS and AHP-ANP Modeling for Landfill Site Selection for Nagpur City, India. In Recent Developments in Waste Management (pp. 499-510. Springer, Singapore.

Majumdar, S., & Sivaramakrishnan, L., 2020. Mapping of Urban Growth Dynamics in Kolkata Metropolitan Area: A Geospatial Approach. In Urbanization and Regional Sustainability in South Asia (pp. 9-24. Springer, Cham.

Moghadam, M. A., Mokhtarani, N., & Mokhtarani, B., 2009. Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. Waste Management, 29(1), 485-489.

Nations, U. 2014. World urbanization prospects: The 2014 revision, highlights. Department of Economic and Social Affairs.

Pasalari, H., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., & Charrahi, Z., 2019. Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. MethodsX, 6, 1454-1466.

Sharholy, M., Ahmad, K., Vaishya, R. C., & Gupta, R. D. 2007. Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India. Waste management, 27(4), 490-496.

Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., & Sadiq, R., 2015) . Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: a review. Waste Management, 35, 318-328.

Yaakup, A., Ludin, A. N. M., Sulaiman, S., & Bajuri, H., 2005. GIS in urban planning and management: Malaysian experience. In International Symposium & Exhibition on Geo information, Geospatial Solutions for Managing the Borderless World, Pulau Pinang (pp. 27-29).